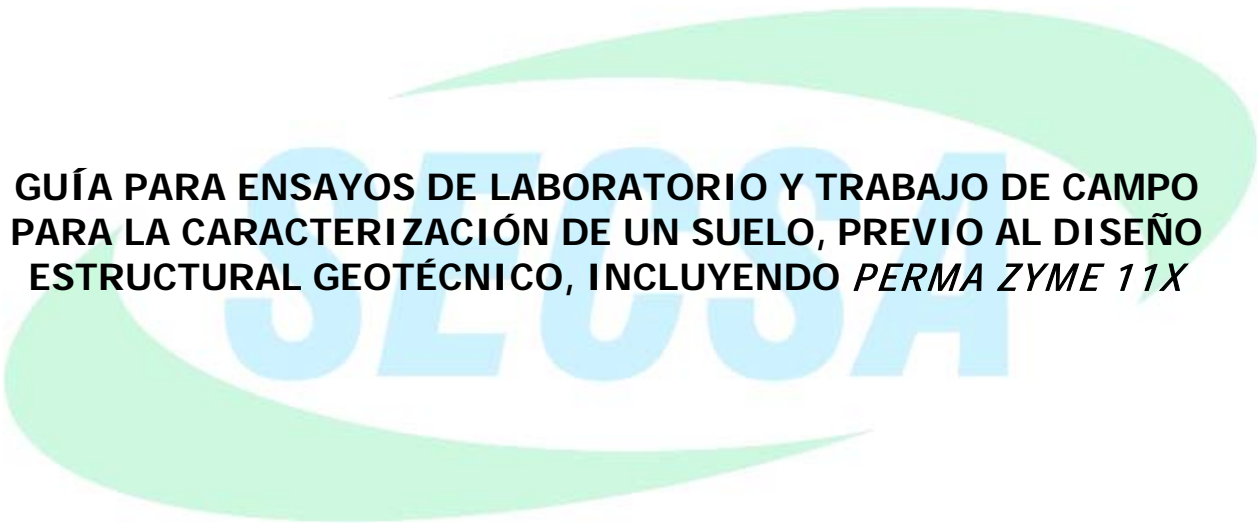


**GUÍA PARA ENSAYOS DE LABORATORIO Y TRABAJO DE CAMPO PARA LA
CARACTERIZACIÓN DE UN SUELO, PREVIO AL DISEÑO ESTRUCTURAL GEOTÉCNICO,
INCLUYENDO *PERMA ZYME 11X***

VERSIÓN 03 /SEPTIEMBRE 2008



**GUÍA PARA ENSAYOS DE LABORATORIO Y TRABAJO DE CAMPO
PARA LA CARACTERIZACIÓN DE UN SUELO, PREVIO AL DISEÑO
ESTRUCTURAL GEOTÉCNICO, INCLUYENDO *PERMA ZYME 11X***

VERSIÓN	03	FECHA	SEPTIEMBRE DE 2008
----------------	----	--------------	--------------------

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	1
1. PROCEDIMIENTOS DE CAMPO	2
1.1 INSPECCIÓN DEL TERRENO Y RECONOCIMIENTO DE MATERIALES	3
1.2 ALTERNATIVAS DE DRENAJES SUPERFICIALES Y SUB-SUPERFICIALES	4
1.3 ENSAYOS PRELIMINARES IN SITU	4
2. COMBINACIONES DE MATERIALES	6
3. PROCEDIMIENTOS DE LABORATORIO	7
3.1 CLASIFICACIÓN, PESO UNITARIO SECO Y HUMEDAD	7
3.2 PREPARACIÓN DEL SUELO APLICANDO <i>PERMA ZYME 11X</i>	8
3.3 CAPACIDAD O ÍNDICE DE RESISTENCIA DEL SUELO	10
3.4 OTROS ENSAYOS DE LABORATORIO	11

INTRODUCCIÓN

Si bien es cierto que hay conocimiento de normas, ensayos y diversos métodos para caracterizar y suponer si un suelo acogerá en buena forma un estabilizante y mejorará sus cualidades, no hay uniformidad en cuanto al procedimiento y tipos de ensayos que reflejen en forma muy aproximada la realidad del suelo.

Organizar el trabajo de caracterización de tal forma que haya uniformidad de métodos y puntos de comparación comunes, es de gran importancia si se pretende realizar un buen diseño estructural del suelo, independiente del uso que se le pretenda dar.

OBJETIVOS

El objetivo principal de este documento es el de unificar criterios en cuanto al procedimiento de ensayos de laboratorio y trabajo de campo que se deben seguir para lograr tener datos del suelo que reflejen de forma muy aproximada la realidad del suelo para el uso de *Perma Zyme 11X*.

Otros objetivos:

- ✓ Dar a conocer un procedimiento técnico adecuado para la caracterización de los suelos, tomando en cuenta las experiencias anteriores con proyectos donde se ha usado *Perma Zyme 11X*.
- ✓ Tomar procedimientos de laboratorio y procedimientos de campo conocidos, avalados, estandarizados y aceptados para obtener datos confiables que reflejen el comportamiento del suelo estudiado.
- ✓ Preparar de la mejor forma datos que alimenten criterios y actividades para diseñar geotécnicamente la mejor alternativa, tomando en cuenta el uso del suelo.

**GUÍA PARA ENSAYOS DE LABORATORIO Y TRABAJO DE CAMPO PARA LA
CARACTERIZACIÓN DE UN SUELO, PREVIO AL DISEÑO ESTRUCTURAL
GEOTÉCNICO, INCLUYENDO PERMA ZYME 11X**

La presente guía quiere ilustrar algunos procedimientos mínimos que arrojarán datos necesarios para decidir espesores, procedimientos constructivos, observaciones, recomendaciones y en fin varias tareas que concluirán con el evidente mejoramiento del suelo tratado. Este documento y las actividades descritas en el, pueden ser complementados dependiendo de la complejidad de cada proyecto y de las necesidades que se presenten.

Los datos obtenidos por medio de procedimientos de laboratorio y procedimientos de campo reflejan un comportamiento y cualidades aproximadas del suelo estudiado bajo ciertas características; si se quiere obtener datos muy cercanos a la realidad se recomienda realizar los procedimientos de la mejor forma posible, siempre procurando reproducir el comportamiento real del suelo bajo las condiciones deseadas.

Los ensayos de laboratorio y otros procedimientos son derivados de las especificaciones y ensayos del Instituto Nacional de Vías de Colombia – INVIAS, además de otras entidades reconocidas; dichos ensayos han sido aceptados y avalados en muchos proyectos donde se involucra el suelo y los datos que reflejan su comportamiento.

NOTA 1: Se hará claridad en cuanto a procedimientos de campo y procedimientos de laboratorio, puesto que ambos arrojan datos que pueden corroborarse unos a otros o complementarse.

1. PROCEDIMIENTOS DE CAMPO

Hace referencia a los procedimientos o actividades que se desarrollan en el sitio directo donde se pretende adelantar trabajos de estabilización con el multienzimático *Perma Zyme 11X*. Dichos trabajos se refieren a:

- ✓ INSPECCIÓN DEL TERRENO Y RECONOCIMIENTO DE MATERIALES
- ✓ ALTERNATIVAS DE DRENAJES SUPERFICIALES Y SUB-SUPERFICIALES
- ✓ ENSAYOS PRELIMINARES IN SITU

1.1 INSPECCIÓN DEL TERRENO Y RECONOCIMIENTO DE MATERIALES

Actividad que realizan personas en capacidad de reconocer el tipo de terreno, calidades, limitaciones, si es necesario combinar suelos (estabilización preliminar suelo – suelo), ensayos adicionales a los de este documento, y en general todos los aspectos concernientes a la obtención de datos, diseño, construcción y puesta en funcionamiento de las obras que se quieren realizar.

- ✓ **Determinación de las cargas de uso del suelo en la puesta en funcionamiento**

Es importante realizar conteos de todo vehículo que pueda influir en la fatiga del suelo estabilizado. Según el capítulo 3 del “MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EN VÍAS CON MEDIOS Y ALTOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO” del INVIAS, y/o el capítulo 2 de “INGENIERÍA DE PAVIMENTOS PARA CARRETERAS” de Alfonso Montejó Fonseca, se debe realizar un conteo y clasificación de vehículos según los modelos establecidos en los textos mencionados anteriormente. Puede usarse otra referencia u otros métodos para hallar los datos que reflejen las cargas a las cuales son sometidos los suelos a trabajar.

La determinación de cargas estandarizadas y su correcta aplicación para la recreación de esfuerzos aplicados al suelo y su respuesta, es fundamental si se piensa en realizar un trabajo ajustado a la realidad.

- ✓ **Periodo de servicio y frecuencia de sondeos o muestras**

En cuanto al periodo de servicio, es de gran ayuda saber cuánto va a ser el lapso de tiempo en el cual la estructura se someterá a los esfuerzos previstos y de esta forma prevenir fatigas tempranas de lo construido.

La frecuencia de la toma de muestras deberá ser mínimo 1 sondeo cada 500 metros lineales (ml) ó en su defecto cada 3000 metros cuadrados (m²). Cada sondeo o apique deberá satisfacer la condición de arrojar la información mínima necesaria e individual para tomar decisiones en el diseño y fijar una buena descripción que encamine de forma real el conocimiento del suelo a trabajar.

1.2 ALTERNATIVAS DE DRENAJES SUPERFICIALES Y SUB-SUPERFICIALES

En la exploración del terreno para definir drenajes en el subsuelo y en la superficie y para reconocer materiales, es de gran ayuda apoyarse en todos los documentos posibles. Esto quiere decir que si se cuenta con fotografías aéreas, planos geológicos, estudios previos, imágenes satelitales, imágenes de radar, y en fin todo el compendio de información, se deberá usar para mejorar la calidad de la información levantada en campo.

En el campo se deberá observar como es el flujo del agua superficial y proponer las mejores alternativas de captación y conducción, procurando interrumpir lo menos posible el curso natural de las aguas. El correcto encausamiento de las aguas superficiales supone no solo revestir el recorrido natural de las mismas, también se debe pensar en lesionar lo menos posible la estructura de suelo a construir por causa del paso y caudal de los drenajes superficiales.

Los filtros en todas sus alternativas suponen un buen manejo y encausamiento de las aguas subterráneas; en este caso se debe tener cuidado de localizar y captar totalmente estas aguas ya que muchos proyectos han incurrido en gastos imprevistos por causa de la no detección temprana de las aguas subterráneas. No solo la captación del agua subterránea influye en el éxito de las obras de drenaje, también la buena conducción de la misma y la entrega exitosa fuera del área de influencia nociva para la estructura de suelo, hacen parte importante del manejo exitoso de estas aguas.

Es posible encontrar sitios donde resulte conveniente desviar del área original del proyecto por muchos factores; entre ellos el económico, el estructural y el hidráulico.

1.3 ENSAYOS PRELIMINARES IN SITU

En este apartado solamente se tendrán en cuenta los procedimientos mínimos para obtener información directamente del terreno e inmediatamente se tiene contacto con el mismo.

Como ya se ha mencionado en el numeral 1.1 del presente documento, la frecuencia de la toma de muestras deberá ser mínimo 1 sondeo cada 500 ml ó en su defecto cada 3000 metros cuadrados m^2 . En concordancia con lo anterior la profundidad adecuada hasta la cual se deberá llegar al realizar un apique o sondeo deberá ser de 0,50 m a 1,80 m, o más si se considera conveniente, medidos desde el nivel del terreno natural. La profundidad de los sondeos tendrá en cuenta la complejidad e importancia de cada proyecto, las cargas y esfuerzos que deberá soportar la estructura durante toda su vida útil o proyectada.

Los diferentes materiales o tipos de suelo que se encuentren en cada sondeo deberán ser extraídos y almacenados por separado, al igual que registrados en un formato adecuado, con todas las características que se puedan mencionar a simple vista. La profundidad de cada capa, el espesor, si se encuentra nivel freático y en fin todas las características que puedan ser descritas. La muestra recogida en peso o volumen deberá ser suficiente para realizar todos los ensayos en campo y laboratorio necesarios.

Resulta conveniente apoyarse en las siguientes normas de ensayo del INVIAS e ICONTEC:

- ✓ *Investigación de suelos y rocas para propósitos de Ingeniería (I.N.V. E – 101)*
- ✓ *Descripción e identificación de suelos (procedimiento visual y manual) (I.N.V. E – 102)*
- ✓ *Conservación y transporte de muestras de suelos (I.N.V. E – 103)*
- ✓ *Procedimientos para la preparación de muestras de suelos por cuarteo (I.N.V. E – 104)*
- ✓ *Muestreo de materiales para construcción de carreteras (I.N.V. E – 201)*
- ✓ *Reducción del tamaño de las muestras transportadas (I.N.V. E – 202)*
- ✓ *Perfil estratigráfico y clasificación de suelos (N.T.C. 1504)*

NOTA 2: Puede haber complemento para las anteriores normas y su aplicación deberá concordar con procedimientos avalados, estandarizados y de fácil reproducción por cualquier entidad o persona.

Hay datos de resistencia o soporte del suelo que pueden ser obtenidos directamente en el terreno mediante "*Relación de soporte del suelo en el terreno (CBR "IN SITU") (I.N.V. E – 169)*", aunque existe la correlación usando el "*Método del Cono Dinámico*".

No es común realizar la comprobación del peso unitario seco del suelo en el terreno previo diseño de la estructura del suelo, pero resultaría interesante conocer cuál es este valor por medio de uno de los siguientes procedimientos:

- ✓ *Peso unitario del suelo en el terreno método del cono de arena (I.N.V. E – 161)*
- ✓ *Peso unitario del suelo en el terreno método del balón de caucho (I.N.V. E – 162)*
- ✓ *Peso unitario del suelo en el terreno método del cilindro penetrante (I.N.V. E – 163)*
- ✓ *Peso unitario del suelo y del suelo-agregado en el terreno mediante métodos nucleares (profundidad reducida) (I.N.V. E – 164)*

En el caso de querer construir pavimento flexible ó afirmado, la determinación de deflexiones y deformaciones en las diferentes capas que conforma la estructura puede ser tomada de "*Medida de la deflexión y determinación del radio de curvatura de un pavimento flexible empleando la Viga Benkelman (I.N.V. E – 795)*". También existen otros procedimientos alternativos.

En algunas ocasiones resulta de gran ayuda saber cuál es la humedad aproximada de los suelos, en forma inmediata sin tener que acudir al método del laboratorio, por lo cual se propone "*Determinación de la humedad en suelos mediante un probador con carburo de calcio (I.N.V. E – 150)*".

NOTA 3: La ubicación de estos ensayos en el terreno es responsabilidad del Ingeniero o la persona encargada de realizar la toma de muestras y deberá reflejar en buena forma la realidad del mismo. El deberá decidir en qué estrato o capa se harán los procedimientos y cuales serán convenientes.

Existen más procedimientos en campo que pueden confirmar datos o complementarlos y pueden ser usados siempre y cuando estén avalados, estandarizados y de fácil reproducción por cualquier entidad o persona.

Los ensayos descritos anteriormente son opcionales y dependen de la complejidad de las obras, además de la disposición económica asignada. Lo que resulta importante en este apartado es que se deben extraer las muestras de suelo representativas del mismo y que permitan formar un concepto mínimo real del suelo estudiado.

2. COMBINACIONES DE MATERIALES

Siempre y cuando exista inconvenientes de materiales IN SITU para realizar la estabilización con el multienzimático o se requiera combinar materiales por diferentes motivos se deberá encontrar la combinación más adecuada contando con lo siguiente:

- ✓ La combinación de materiales en lo posible deberá cumplir con las consideraciones de granulometría (18% a 30% de finos pasa 200) e índice de plasticidad (6% a 20%) que requiere *Perma Zyme 11X*.
- ✓ Acercarse lo más posible a la especificación INVIAS "Artículo 330. Base granular", puesto que este es el suelo que mejor responde a las exigencias de cargas aplicadas y es el que se acerca más a un suelo ideal para trabajar en vías.
- ✓ Balancear el aspecto económico con la conveniencia y ganancia de propiedades del suelo para lograr un mínimo de características adecuadas a las necesidades del proyecto.
- ✓ Deberá existir un enriquecimiento adecuado de las propiedades y características de la combinación de suelos.
- ✓ El método de diseño para la combinación de suelos deberá ser adecuado a las necesidades del proyecto, de fácil entendimiento, reproducción y lo más importante que se pueda llevar a cabo en el terreno de forma sencilla.

- ✓ Los porcentajes calculados en el diseño y comprobados en laboratorio deben ser de fácil reproducción en el terreno. Los costos de los materiales para la mezcla deberán ser tenidos en cuenta para el análisis y toma de decisiones.
- ✓ La combinación de materiales elegida deberá soportar de la mejor forma las cargas y los esfuerzos en la obra. El fin de esta combinación es mejorar las propiedades del suelo y enriquecer su respuesta frente a las diferentes exigencias.

NOTA 4: La mayor parte de los suelos no requiere ser combinada ni mejorada, puesto que cumple las solicitudes de granulometría e índice de plasticidad que exige Perma Zyme 11X.

3. PROCEDIMIENTOS DE LABORATORIO

En el laboratorio se practican procedimientos que facilitan el reconocimiento del suelo y por medio de ellos se obtienen datos importantes que muestran el comportamiento del mismo bajo unas condiciones de carga y esfuerzos.

3.1 CLASIFICACIÓN, PESO UNITARIO SECO Y HUMEDAD

Los procedimientos que sirven para conocer la clasificación del suelo son los siguientes:

- ✓ Para determinar la granulometría o gradación del suelo se puede emplear "*Preparación en seco de muestras de suelo para análisis granulométrico y determinación de las constantes físicas (I.N.V. E – 106)*" y "*Análisis granulométrico de suelos por tamizado (I.N.V. E – 123)*". Pueden usarse 3,0 kg de material en este caso. Si dentro del suelo existen partículas superiores a 1,5" se deberán usar 5,0 kg.
- ✓ Para determinar el Índice de Plasticidad en la muestra de suelo se puede emplear "*Determinación del límite líquido de los suelos (I.N.V. E – 125)*" y "*Límite plástico e índice de plasticidad (I.N.V. E – 126)*". Puede usarse 130 gr de material en este caso.

Para verificar la humedad de una muestra de suelo se puede usar "*Determinación en laboratorio del contenido de agua (humedad) de suelo, roca y mezclas de suelo-agregado (I.N.V. E – 122)*". Puede usarse 500 gr de material.

Para determinar el peso unitario seco y la humedad óptima del suelo con el que se trabajará, se puede trabajar con:

- ✓ Suelos finos (arcillas, arenas finas, poca presencia de gravas) con "*Relaciones de peso unitario-humedad en los suelos equipo normal (I.N.V. E – 141)*". Puede usarse mínimo 15,0 kg de suelo.

- ✓ Suelos son presencia de gravas o considerados no finos con "*Relaciones de peso unitario-humedad en los suelos equipo modificado (I.N.V. E – 142)*". Puede usarse mínimo 15,0 kg de suelo.

La razón por la cual se hace la diferencia entre Proctor Estándar y Proctor Modificado es la facilidad de reproducción en el terreno con los diferentes suelos y la facilidad de llegar a los valores de densidades en el momento constructivo.

NOTA 5: Para el caso de los ensayos anteriores no es necesario mezclar Perma Zyme 11X con el suelo. Solamente se debe tener en cuenta las recomendaciones propias de los ensayos.

3.2 PREPARACIÓN DEL SUELO APLICANDO *PERMA ZYME 11X*

Tomando en cuenta que a estas alturas ya se tienen datos certeros de la humedad natural del suelo, del peso unitario seco ideal y humedad óptima, es posible obtener matemática y prácticamente la cantidad de agua necesaria que se debe adicionar a la muestra de suelo para llegar a la humedad óptima.

Se debe tener claridad de cuanto es la cantidad de material necesario "X", en volumen, para ejecutar la totalidad de pruebas donde se deba mezclar *Perma Zyme 11X*. Esta cantidad de material se divide en 30 para saber cuanto *Perma Zyme 11X* en litros, se debe aplicar en el suelo, de la siguiente forma:

$$PZ = \frac{\text{volumen de suelo}}{30}$$

Como la cantidad de agua que se debe aplicar al suelo es proporcional al mismo si se quiere llegar a la humedad óptima, hemos hallado la siguiente expresión para adicionar la cantidad de agua necesaria:

$$V = \frac{\gamma(\omega_o - \omega_n)}{1 + (\gamma \times \omega_o)}, \text{ donde}$$

- V Volumen de agua que se debe adicionar por cada m³ de suelo, en m³
- γ Peso específico seco del suelo, según el ensayo de Proctor, en ton/m³
- ω_o Humedad óptima del suelo, según el ensayo de Proctor, en %
- ω_n Humedad natural del suelo, en %

La cantidad de agua final que se debe adicionar al volumen de suelo, es: V multiplicada por el número de m³ del suelo.

NOTA 6: *La cantidad de Perma Zyme 11X que se debe usar es proporcional a la cantidad de suelo y no a la cantidad de agua, de la siguiente forma: 1 galón americano de Perma Zyme 11X para 120 m³ ó 125 m³ de suelo compacto ó 1 litro de Perma Zyme 11X para 30 m³ ó 33 m³ de suelo compacto.*

La cantidad de agua que se adiciona es la necesaria para llegar a la humedad óptima del suelo. Perma Zyme 11X debe ser adicionado previamente al agua puesto que es su medio de aplicación.

El suelo deberá estar totalmente disgregado y suelto, sin presencia de grumos para poder aplicar la mezcla de agua + *Perma Zyme 11X*. Luego de mezclar la cantidad de suelo necesaria + agua + *Perma Zyme 11X*, se deberá garantizar la homogeneidad en granulometría y humedad en toda la extensión de la masa.

Luego de lo anterior se puede proceder con los ensayos de laboratorio donde se involucrará *Perma Zyme 11X* para evidenciar las bondades del multienzimático.

Si se requiere, la muestra de suelo será curada durante un mínimo de 72 horas a temperatura ambiente y protegida del sol, lluvia, humedad, calor excesivo o cualquier factor que la altere. Si es posible, el tiempo de curado se incrementará a 120 horas (5 días) antes de someterla a cualquier ensayo de resistencia para permitir maximizar la resistencia de enlace en la muestra.

NOTA 7: *Adicional a lo anterior, y debido a la experiencia en los diferentes ensayos de laboratorio donde se ha involucrado Perma Zyme 11X, presentamos la siguiente dosificación del multienzimático, para simplificar su procedimiento; aunque se aplicaría mas Perma Zyme 11X del necesario si se calculara según las fórmulas matemáticas expresadas en este numeral, confiamos que con estas cantidades se previenen algunos errores de manipulación en laboratorio.*

Por cada 30,0 kg de suelo que se deba mezclar con el multienzimático, se debe adicionar 1,0 c.c. (ml) de Perma Zyme 11X diluido en 400,0 c.c. (ml) de agua, como mínimo. Si se necesita más agua, esta solo se deberá adicionar y mezclar procurando que toda la masa de suelo quede homogénea. Si la cantidad de suelo es mayor o menor a 30 kg, se realiza la mezcla de Perma Zyme 11X proporcional a la necesidad, tomando como referencia los valores mencionados anteriormente. Si el suelo se encuentra muy cerca de la humedad óptima antes de adicionar la mezcla de Perma Zyme 11X + agua y se considera que dicha mezcla

sobrepasará la humedad óptima, el suelo deberá ser secado en horno, dejado enfriar y luego se adiciona la mezcla de agua + Perma Zyme proporcional necesaria, esta debe hacerse con agua limpia hasta alcanzar la humedad óptima.

3.3 CAPACIDAD O ÍNDICE DE RESISTENCIA DEL SUELO

Para este caso en el cual se debe adicionar *Perma Zyme 11X*, se debe proceder como se indica en "*Relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR de laboratorio) (I.N.V. E - 148)*", hasta la elaboración de los especímenes; luego estos se dejan en curado como se ha indicado en el numeral anterior. Como el ensayo CBR puede hacerse con una mezcla sumergida o no sumergida, se recomienda usar el segundo método para mayor veracidad de los resultados. Puede usarse mínimo 30,0 kg de suelo.

Se debe recordar que:

- ✓ Con la mezcla de material más *Perma Zyme 11X*, se elaboran las probetas de ensayo de acuerdo a la norma de ensayo de CBR.
- ✓ Después de elaborar las probetas necesarias, aplique en cada una de ellas la precarga durante setenta y dos (72) horas para su curado, colocándolas en un lugar fresco donde no se alteren las condiciones de humedad de las muestras, luego proceda a saturar las probetas en agua durante veinticuatro (24) horas según las normas de ensayo de CBR.
- ✓ Continúe con el procedimiento normal de ensayo de CBR. Como *Perma Zyme 11X* es un producto multienzimático se debe tener en cuenta que por lo menos, los primeros 5 milímetros de material se reactivan con el agua. Por lo tanto recomendamos penetrar el pistón de carga esta profundidad antes de empezar a tomar las lecturas.

FALLO DE PROBETAS

Además del anterior procedimiento también se puede implementar el fallo de probetas cilíndricas tomando como mínimo 3 cilindros de suelo para obtener un promedio aceptable. Se deberá tomar como base la geometría de las probetas observada en "*Resistencia a la compresión de cilindros preparados de suelo cemento (I.N.V. E - 809)*", método A ó método B; esta vez se adiciona al suelo *Perma Zyme 11X*, y se sigue el procedimiento observado en el numeral 3.2 del presente documento, para la preparación del suelo antes de formar las probetas con la misma energía aplicada según el procedimiento del ensayo de Proctor Estándar o Proctor Modificado, según el caso. Inmediatamente se desmoldan las probetas y se dejan en curado como ya se ha indicado. Luego de cumplido el periodo de curado se procede al fallo de las probetas según se menciona en

"Resistencia a la compresión de cilindros preparados de suelo cemento (I.N.V. E - 809)". Puede usarse mínimo 20,0 kg de suelo.

3.4 OTROS ENSAYOS DE LABORATORIO

Si se considera necesario pueden practicarse los siguientes ensayos de laboratorio para complementar la información:

- ✓ Permeabilidad de suelos con "*Permeabilidad de suelos granulares (cabeza constante) (I.N.V. E - 130)*", con 5,0 kg de suelo + ***Perma Zyme 11X***.
- ✓ Suelos expansivos con "*Determinación de suelos expansivos (I.N.V. E - 132)*", con 2,0 kg de suelo + ***Perma Zyme 11X***.
- ✓ Módulo resiliente para sub-rasante "*Modulo resiliente de suelos de sub-rasante (I.N.V. E - 156)*", con 10,0 kg de suelo + ***Perma Zyme 11X***.
- ✓ Módulo resiliente para suelos y agregados "*Determinación del módulo resiliente de suelos y agregados (AASHTO TP46-94)*", con 10,0 kg de suelo + ***Perma Zyme 11X***.



SECSA